

Modified anterior maxillary osteotomyにおける 離断骨片の術後経過に関する実験的研究

著者	神田 典生
雑誌名	東北大学歯学雑誌
巻	6
号	1
ページ	19-31
発行年	1987-06-01
URL	http://hdl.handle.net/10097/31238

Modified anterior maxillary osteotomy における 離断骨片の術後経過に関する実験的研究

神 田 典 生

東北大学歯学部歯科矯正学講座

(主任: 三谷英夫教授)

(昭和 62 年 4 月 1 日受付, 昭和 62 年 4 月 7 日受理)

The experimental study on the long term histological changes following modified anterior maxillary osteotomy in dogs

Norio Kanda

Department of Orthodontics, Tohoku University School of Dentistry, Sendai

(Chief: Prof. Hideo Mitani)

内容要旨: 外科矯正手術法の一手術法である Wassmund 法を改良した modified anterior maxillary osteotomy を 8 頭の犬に適用し, 骨切り部と骨片内の歯の歯周組織および歯髓組織の術後経過に関して 12 カ月にわたり病理組織学的検索を行った。本研究の結果, 骨切り部は骨折の場合と同様な治癒経過を示した。骨片内の第 1, 第 2 切歯の歯周組織に異常な所見はみられず, 歯髓組織にもすべてに血行が認められ, 生活像が確認された。以上の結果により, 本研究で用いた modified anterior maxillary osteotomy が外科矯正手術臨床に適用できる可能性が示唆された。

緒 言

Anterior maxillary osteotomy は, 前歯部に前後・垂直的な骨格の不正を有する上顎前突症あるいは開咬症などの矯正治療を行う場合に骨格型の改善を目的として適用される外科手術法である。本法に関しては, 1921 年に Cohn-Stock¹⁾ が上顎前突症の手術について報告して以来, Kostecka²⁾, Spanier³⁾ などによって報告されてきたが, 1935 年に Wassmund⁴⁾ が Cohn-Stock 法を改良することにより本法を確立したといわれている。しかし Wassmund 法は, 歯槽突起部や硬口蓋部の骨切りが直視下で行えないために, その施術にあたっては熟練が要求された。そこで Wunderer⁵⁾ は, Wassmund 法に手を加え, 直視下で硬口蓋部の骨切りを行う手術法を発表した。Wunderer の方法では, 骨片に付着する粘膜骨膜茎が唇側に限局されるため, 骨片の生着に懸念がもたれたが, 多数の臨床成功例を収め現在でも広く適用されている。一方, Bell は Schuchardt⁶⁾ や Cuper⁷⁾ などの手術法に案を

発して, 唇側から硬口蓋部の骨切りを行う down fracture 法⁸⁻¹²⁾ を報告し, 骨片の上方移動が必要な症例に多用している。

以上のように, anterior maxillary osteotomy は, Cohn-Stock の報告以来, その術式について幾多の改良が繰り返され, その都度, 術後の骨切り部の修復様相あるいは骨片内の歯の歯周組織, 歯髓組織の組織変化について報告がなされてきた。その結果, 離断された骨片が生着することに関しては, 臨床的にはほぼ一致した見解が得られているものの, その骨切り部の組織変化についてはいずれも短期的な観察にとどまり, 長期的に検索している報告は見あたらない。また, 骨片内の歯の歯髓組織については, 強い退行性変化を認める場合とそうでない場合とが報告されており, その変化様相については一致した見解が得られていない。

そこで本研究では, Wassmund 法に改良を加えた手術法を用い, 骨切り部の修復様相と骨片内の歯の歯周組織および歯髓組織の術後変化について, 術後 12 カ月までの病理組織学的検索を行い, 骨切り術の影響をよ

り明白に把握することを試みた。

実験材料および方法

1. 実験材料

井尻ら¹³⁾にならい、下顎第3臼歯が萌出した体重9～15 kgの雑種成犬11頭を用い、対象群(非手術群)、術後1カ月群、3カ月群、6カ月群および12カ月群の5群に分けた(表1)。実験材料の選定条件は、上顎第1～第3切歯歯冠に咬耗、う蝕、歯石沈着等が認められず、歯科用X線撮影による検討のうえでも、歯および歯周組織に異常のないこととし、雌雄の別は条件により除外した。これらの犬は個別ケージにそれぞれ隔離し、実験動物固形飼料犬用DS(オリエンタル酵母工業製)を与え飼育し、定期的に体重を測定した。

2. 実験方法

1) 対照群

2頭を無処置(以後第1対照とする)とし、残り1頭には、後述する手術群において、術後に顎内固定として適用したレジン床シーネを1カ月間装着(以後第2対照とする)させた。

2) 手術群

(1) 麻酔法

犬の全身麻酔は、ペントバルビタール(ネンブタール、大日本製薬)を25 mg/kg 静注し、麻酔が浅くなる毎に、初回量の1/7～1/6量を追加静注した。手術部位の局所麻酔としては、エピネフリン含有2% リドカインを使用し、犬歯唇側歯肉頬移行部の骨膜下および粘膜下に1 ml ずつ注入した。

(2) 手術法

Wassmund⁴⁾、大関¹⁴⁾、Suggら¹⁵⁾の方法を参考にして、次のような術式で行った。

上顎犬歯唇側粘膜に歯肉頬移行部へ至る縦切開を加え、さらに同部歯肉縁の環状靱帯を切離し、近心および鼻背側に向かって粘膜骨膜を剥離する。粘膜骨膜弁

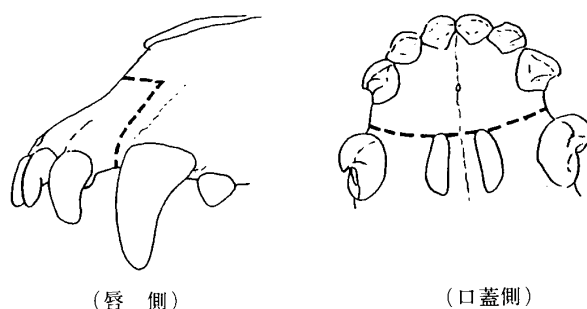


図1 骨切り線



図2 顎内固定用レジン床シーネ

の形成は梨状口前縁まで行い、これを把持しながら鼻腔外側壁の粘膜を剥離する。次に鼻腔底の粘膜を鼻中隔に達するまで剥離する。このようにして作製された粘膜骨膜弁を保護しつつ、滅菌生理食塩水注水下(8.7 ml/min)で、tungsten carbide burを装着した歯科用エアータービン(Super Unit, OSADA)にて骨切りを行った。上顎第2切歯の根尖部より5 mm以上離れるように留意して¹⁶⁾、梨状口前縁より水平骨切りを始め、上顎第3切歯と犬歯との間の歯槽突起に垂直骨切りを行った。(図1)。硬口蓋の横走骨切りは可及的にエアータービンを使用し、硬口蓋正中部の残余部分は骨ノミを使用した。

Anterior maxillary segment(以後骨片と記す)が離断され、完全に可動性のあることを確認した後、あらかじめ石膏模型上で作製しておいたレジン床シーネ

表1 各実験群の動物数

	対照群	手術群			
		1カ月	3カ月	6カ月	12カ月
動物数	3	2	2	2	2

対照群にはレジン床シーネを装着した犬が1頭含まれる。

(図2)を直径0.3 mm ワイヤで上顎切歯および犬歯に結紮し、1カ月間顎内固定を行った。術後の1週間は、毎日2回、定時に100 mg ずつオキシテトラサイクリン(テラマイシン、台糖ファイザー)を筋注した。

3) 組織固定法

対照群および術後の各観察期間を経過した各群の犬の組織固定は頸部灌流法¹⁷⁾により行った。灌流固定法はペントバルビタール全身麻酔下で、5,000 単位のヘパリン(ノボ・ヘパリン注、ノボインダストリーA/S)を静注し、30 分間経過した後、両側の総頸動脈および椎骨動脈を露出させ、椎骨動脈を結紮後、総頸動脈に注入用ポリエチレンカテーテルを挿入し、約5分間前灌流し、固定液を約1.5時間灌流させた。血液および灌流液は鼠径部(大腿動脈)より流出させた。前灌流液にはダルベッコ PBS(日水製薬)を、固定液には2.5% グルタルアルデヒド-2.0% パラホルムアルデヒド(ダルベッコ PBS, pH 7.4)液を調整し使用した。

4) 標本作製

上顎を正中口蓋縫合部で矢状断し、さらにそれらを上顎第1切歯(以後 I₁と記す)から上顎第2切歯(以後 I₂と記す)までを含む試料と、上顎第3切歯(以後 I₃と記す)と上顎犬歯(以後 Cと記す)とを含む試料に分割した。ブランク・リュクロ液にて7~10日間脱灰し、5% 硫酸ナトリウムにより中和処理を行った後、通常に従ってパラフィン包埋した。7~9 μm 厚の水平断連続切片を作製した後、ヘマトキシリン・エオジン染色(以後 H・E 染色と記す)ならびにアザン染色を施し、光学顕微鏡下で観察した。

なお、観察は骨切り部では、I₃およびCの歯頸部より根尖側に1~4 mm までの領域と、手術により切断された I₃の根尖部について行い、歯髄では、I₁および I₂の歯頸部より根尖側に1~3 mm までの領域について行った。

結 果

1. 肉眼的所見

術後のいずれの観察期間を通じても、犬の体重に特に異常な変化はみられなかった。

切開部の縫合糸の抜糸は、術後1週で行った。その際切開部の粘膜は軽度の発赤を示し、腫脹が認められた。しかし、切開部からの出血や排膿などの異常な所見は、術後のいずれの期間を通じても観察されなかった。

顎内固定期間中に上顎切歯の歯間歯肉のわずかな腫脹が観察されたが、レジン床シーネ撤去後にこの腫脹は消退した。

術後3カ月群、6カ月群、そして12カ月群の犬の I₃とCとの間の切開部歯肉に、明らかな陥凹が観察された。

2. X 線写真所見

術後に撮影された超軟 X 線写真を精査した結果、骨切り部での X 線透過像は術後12カ月でもわずかに認められたが、I₁と I₂における歯髓腔形態の異常、歯槽骨の局所的な吸収および根尖病巣などの所見は認められなかった。I₃は、手術群の全例で根尖部が切断されていた。

3. 病理組織学的所見

1) 骨切り部

(1) 対照群

歯槽骨は、よく発達した同心円状の層板構造と中心のハバース管からなる多数のハバース骨層板の集合体で緻密骨質をなしており(図3)、各層板には多数の骨小腔が認められ、そこには扁平もしくは楕円形の核を有する骨細胞が内包されていた。

第1対照と第2対照の組織構造に差異は認められなかった。

(2) 手術群

術後1カ月では、切断部は線維性結合組織で満たされ、血管が数多く分布していた。骨細胞を数多く内包した網目状の線維骨が認められ、これらは骨片側断端から切断部に向かって形成されていた(図4)。線維骨

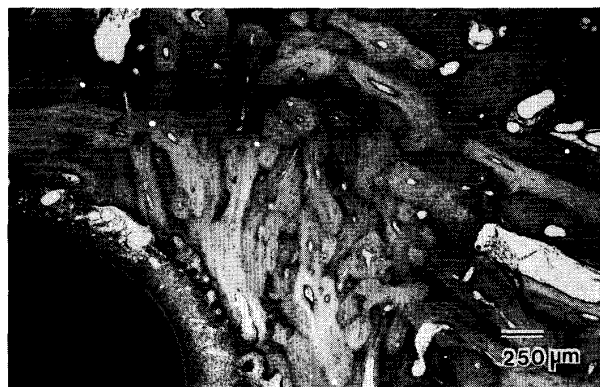


図3 対照群(第1対照)の I₃とCとの間の歯槽骨アザン染色
多数のハバース層板骨からなる緻密骨である。

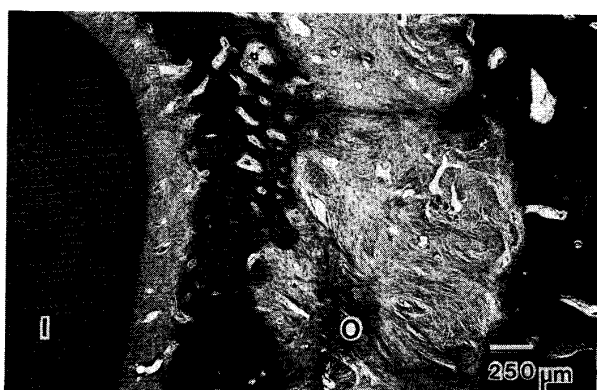


図4 術後1カ月の骨切り部 H・E染色
線維性結合組織と多数の血管がみられる。
O: 骨切り部
I: I_3

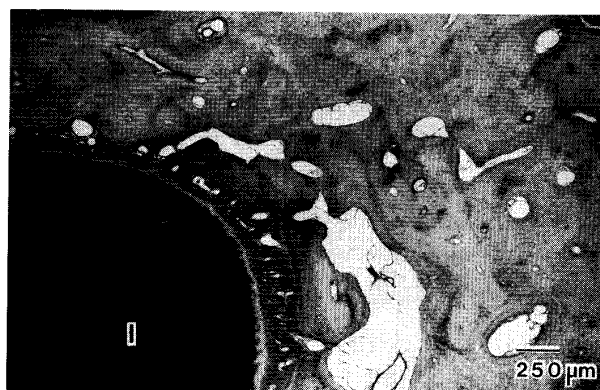


図7 術後12カ月の骨切り部 アザン染色
多数のハバース層板骨がみられる。
I: I_3

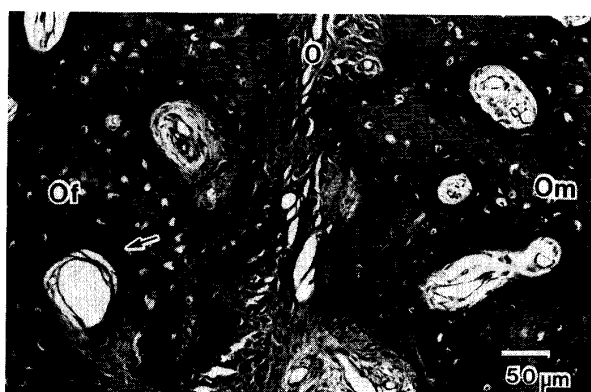


図5 術後3カ月の骨切り部 H・E染色
幼若線維骨内部には層板構造が認められる(矢印)。
O: 骨切り部
 O_r : 骨片側
 O_m : 母床骨側

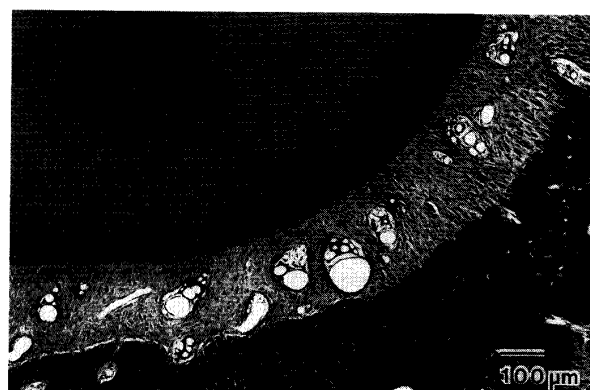


図8 対照群(第2対照)の I_2 舌側歯根膜 H・E染色



図6 術後6カ月の骨切り部 アザン染色
多数の層板骨がみられる。骨切り部を横走る骨層板も認められる(矢印)。
O: 骨切り部
 O_r : 骨片側
 O_m : 母床骨側

内の網目をなす類円形の腔には、周縁に骨芽細胞がみられ、中心部に血管が1本ないし2本認められた。

術後3カ月では、線維性結合組織よりも線維骨の増生が顕著に認められた(図5)。骨片側および母床骨側からの新生線維骨には接合はみられず、線維性結合組織が介在していた。

術後6カ月では、切断部には層板骨と無定形の線維骨が混在していた。線維骨と骨片側および母床骨断端との間には明確な cement line がみられた(図6)。層板骨は大別して2通りの走行を示し、1つは各断端間を連絡するように切断部を水平に走るもの、もう1つはこれとほぼ直交するように鉛直に走るものであった。前者は各断端との構造的連続性を有し、後者は連続性が認められなかった。骨片側断端から骨層板が突出している部位も認められた。

術後12カ月では多数の層板骨が認められ、緻密骨組織像を呈しており(図7)、対照群とほぼ同様な組織像を呈していた。層板骨の間には介在層板も認められた。

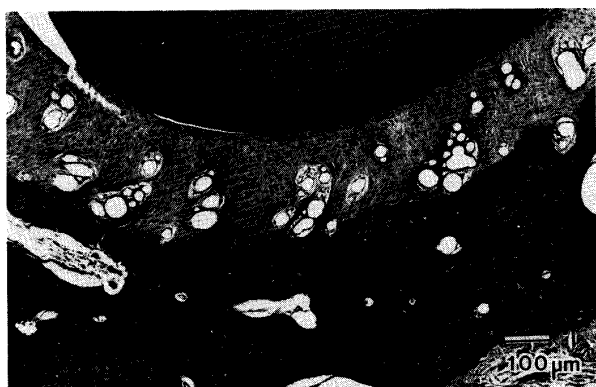


図9 術後12カ月のI₂舌側歯根膜 H・E染色



図10 術後1カ月のI₃切断部 アザン染色
露出象牙質面の添加類セメント質と新生歯槽骨との間に結合組織線維束がみられる(矢印)。

2) 歯周組織

(1) 骨片内の歯の歯周組織

(a) 対照群

歯根膜線維は、弱い波形を呈しながら無細胞セメント質と歯槽骨との間に配列していた。歯根膜の中央部には、数本の血管の束と神経が通る脈管神経隙が数多く認められた。無細胞セメント質の表面には、ほぼ一列に並んで、セメント芽細胞が認められた(図8)。

歯根膜構造は、部位によってその幅がわずかに変化している程度で、配列・走行などの基本的構造において第1対照と第2対照との差異は認められなかった。

(b) 手術群

I₁およびI₂の全周の歯根膜に、術後の各期間において、その走行および配列は対照群と同様な組織像を示していた(図9)。セメント質と歯槽骨についても、吸収像などの所見は認められなかった。

(2) 手術で切断されたI₃根尖部の歯周組織変化

術後1カ月では、歯根切断部へ海綿状の新生骨梁の

形成が認められた。骨梁の基質内には多数の骨細胞が存在し、表面には楕円形の核を有する骨芽細胞が1列に配列していた。切断され露出した歯根象牙質(以後露出象牙質と記す)の表面には、類セメント質の添加が認められ、その表面から結合組織線維束が延び、新生骨梁の表面に達していた(図10)。線維束の中央部より新生骨梁側には血管腔がいくつか認められた。既存歯根膜は、切断部に近いほど線維束の配列に乱れを認め、その走行もセメント質面から斜めに切断部へ向かっていたが、変性像は認められなかった。

術後3カ月では、露出象牙質表面に類セメント質がわずかに認められ、新生歯槽骨の一部が層板骨構造を呈するようになり、この類セメント質と新生歯槽骨との間には再生歯根膜が認められた(図11)。再生歯根膜は既存歯根膜とほぼ同じ幅を有し、線維束もほぼ同様な配列および走行を示していた。再生歯根膜の中央部には、多数の脈管神経隙が認められた。



図11 術後3カ月のI₃切断部における歯根膜再生像
アザン染色
再生歯根膜の中央部には多数の脈管神経隙がみられる。

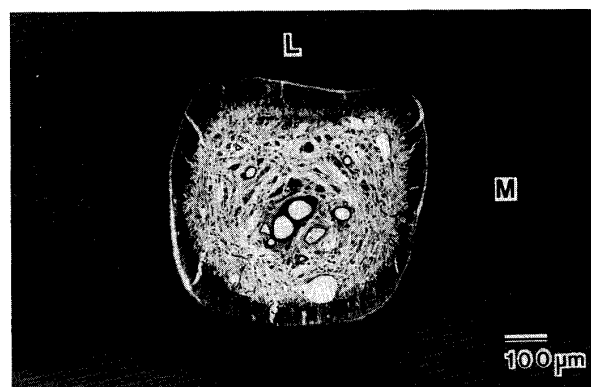


図12 対照群(第2対照)のI₂歯髓像
H・E染色
L: 唇側
M: 近心側

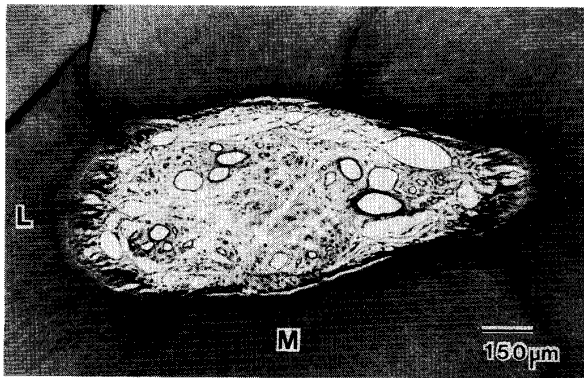


図 13 術後1カ月のI₁ 歯髓像 H・E染色
唇側と舌側に象牙芽細胞の空胞変性がみられる。
L: 唇側
M: 近心側

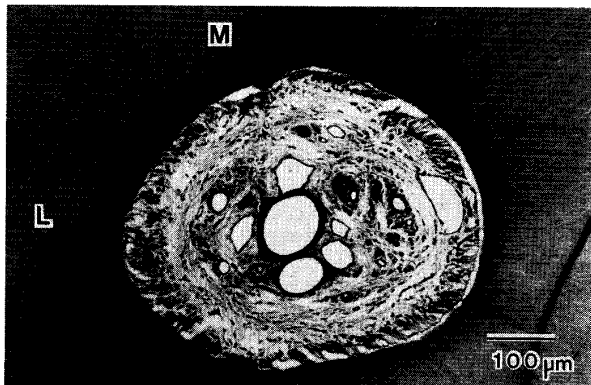


図 14 術後12カ月のI₂ 歯髓像 H・E染色
L: 唇側
M: 近心側

術後6カ月および12カ月では、発達した層板構造を有する海綿状の新生歯槽骨が認められ、露出象牙質表面に類セメント質が認められたが、その間に歯根膜の再生像は認められず、歯根切断面に平行に疎性結合組織が存在していた。

3) 歯 髓

(1) 対照群

歯髓の唇側と舌側には象牙芽細胞が緊密に配列し、近心および遠心側の象牙芽細胞は丈が低く、細胞質のほとんどを核が占めていた。

歯髓中央部には数本の血管が認められ、固有結合組織はほとんど均一に細胞が分布した組織像を示していた。(図12)。

第1対照と第2対照は、ほぼ同様の組織所見を示した。

(2) 手術群

術後1カ月では、歯髓内にいくつかの血管がみられた。唇側および舌側の象牙芽細胞に空胞変性はみられ、歯髓中央部の固有結合組織は、わずかに線維化を示していた(図13)。I₁とI₂は、ほぼ同様の所見を示した。

術後3カ月では、I₁とI₂ともに歯髓内に数本の血管が認められた。歯髓中央部の固有結合組織には強い線維化が認められ、象牙芽細胞には空胞変性は認められた。I₂で、象牙芽細胞層直下の結合組織に強い網様化を示した例があった。

術後6カ月では、I₁とI₂ともに歯髓中央部の固有結合組織に強い線維化が認められた。象牙芽細胞層には空胞化が認められたが、I₁に空胞化を示さないものが1例あった。

術後12カ月では、歯髓内には血管が明瞭に認められ、象牙芽細胞層にわずかに空胞化が認められるものの、固有結合組織は対照群とほぼ同様な組織像を呈していた(図14)。I₁とI₂は、ほぼ同様な組織像を示した。

手術群のすべての犬で、手術により切断されたI₃の歯髓には象牙芽細胞を認めず、一様な疎性結合組織像を呈しているか、あるいはまったくの無構造であった。

考 察

1. Anterior maxillary osteotomy 後の骨片内の血行について

骨格型の改善を行うために骨切り術を施す場合、骨片内に存在する歯の歯髓および歯周組織が受ける影響に関しては、手術に伴う脈管系の機能的変化、すなわち血行の変化が重要な要因となることが容易に推察できる。

現在施行されている anterior maxillary osteotomy は、Wassmund 法、Wunderer 法、down fracture 法などがあるが、これらの手術法では、粘膜切開の設計、すなわち骨片に付着させておく粘膜骨膜茎の作製の仕方主たる相違がある。Wassmund 法では、粘膜骨膜切開は基本的に頬側歯肉から粘膜に至る縦切開のみであることから、骨片内への血液供給は二元性、すなわち骨片に付着する唇側および口蓋側軟組織から得られる。Wunderer 法では、粘膜切開部位が頬側歯肉および粘膜と口蓋粘膜であることから、血液の供給は唇側粘膜からの一元的なものであり、down fracture 法にお

いては、口蓋粘膜からの一元的なものとなっている。

術後の骨片への血行に関しては Bell¹⁶⁾、大関¹⁴⁾、川村¹⁸⁾らの血管造影法による血管所見ならびに Meyer¹⁹⁾、Nelson²⁰⁾の radioisotope を用いた循環血液量測定による研究がなされている。

Bell¹⁶⁾は、成猿に Wassmund 法と down fracture 法を適用し、術後 1, 3, 6 週で硫酸バリウムを使って血管造影を行った結果、両手術法ともに術後 1 週間から骨片内虚血はみられず、骨片内の歯の歯髄内にも血行が認められたことを報告している。大関¹⁴⁾は成犬に Wassmund 法と Wunderer 法を適用し、術後 1 週から 10 週まで硫酸バリウム血管造影法を行った結果、どちらの手術法においても術後の全期間を通じて、骨片内ならびに植立する歯の歯髄および歯根膜の血行を確認し、両手術法の差異はほとんど認められなかったと述べている。Bell²¹⁾と川村¹⁸⁾らは、anterior maxillary osteotomy よりも小さい骨片を作製した場合、すなわち骨片内に 1 歯ないし 2 歯を有する dentoalveolar segment を作製した場合の血行状態について、硫酸バリウム血管造影法により検索した結果、Bell は、術直後より骨片およびそれに含まれる歯の歯髄に血行を認め、川村も術後 3 日より血行があることを確認しているが、どちらも術後 2~3 週までは骨片およびそれに含まれる歯の歯髄に虚血状態が存在すると述べている。

Meyer¹⁹⁾は、成犬および成猿の上下顎左側 1/4 に、Wunderer 法に準じた骨切りを施行し、¹⁴¹Ce を使用して術後 30 分以内の血行量を測定した結果、術後 2 種の動物間で差が認められなかったものの、部位によって差が認められ、血行量減少率は歯髄が 54~82% と最大を示し、歯槽骨で 48~74%、粘膜で 18~40% であったと述べている。Nelson²⁰⁾は、猿に Wassmund 法、Wunderer 法および down fracture 法を適用し、radioactive microsphere method により術前術後の血行量を測定した。それによれば、いずれの手術法においても骨片内の術前術後の変化には、5% の危険率で有意差は認められず、唇側もしくは口蓋側からの 1 元的な血行で骨片は栄養供給されうると結論している。しかし、Wunderer 法は、他の手術法に比べると術後の血行量減少がやや大きいとも付け加えている。

以上のことから、骨片に含まれる歯数が 1~2 歯の小骨片に比べて、Wassmund 法、Wunderer 法および down fracture 法によって作製されるような大骨片の場合では、術直後に骨片および骨片内の歯の歯髄・歯周組織への血行量に減少をきたすことがあるものの、

その後は比較的安定した血液供給がなされるものと考えられる。

本研究の手術法は、Wassmund 法に近似した手術法であるが、口蓋粘膜のトンネル状剥離は行わず、口蓋粘膜を傷つけないように骨切りを行なった。あわせて、鼻腔内出血を可及的に減少させるため鼻粘膜の剥離を行った。したがって、骨片および骨片内の歯の歯髄・歯周組織に対する血液供給には、なんらかの変化が生じたことは否定できないものの、歯髄および歯周組織に対して著明な損傷を惹起するほどのものではないと考えられた。

2. 骨切り部について

1) 治癒過程について

骨組織が外傷性に損傷を受けた場合において、その部位がどのように修復、再生されるのかについては、以下のような形態組織学的、あるいは機能組織学的な見解がある。

Weinmann と Sicher²²⁾は、骨折の治癒過程に ① 骨折部位における血餅の形成、② 血餅の器質化、③ 線維性仮骨形成、④ 線維性仮骨の一次石灰化、⑤ 二次石灰化、⑥ 骨折部の機能的再構築という段階を設定し、それぞれに対して組織学的な説明を与えている。

Little は、その著書²³⁾で外傷性骨折の治癒過程について、やはり ① 血餅の器質化、② 血餅への血管の侵入、③ 肉芽組織の増殖、④ 幼若な骨組織 (woven bone) の形成、⑤ 不規則な構造を持つ骨の形成を伴った肉芽組織や woven bone へ侵入する血管の増加という順序で説明し、これ以降の段階については、血管の増殖の程度により、⑥ 軟骨の形成、⑦ 内軟骨性骨形成という過程をたどるか、もしくは ⑧ 破骨細胞と大食細胞による硬・軟両組織の浄化、⑨ 外力・血流などの周囲環境に依存した硬・軟両組織の改造という過程をたどるかのいずれかであるとしている。

また、Frost²⁴⁾は骨生理学的な立場から骨の疲労骨折 (stress fracture) やルーサー骨改造層 (Looser's zone) では、血腫の存在が認められないにもかかわらず、治癒が起こり得るという反例を挙げ、骨折部位における血腫 (血餅) の形成が、骨折の治癒過程において第一義的なものではないとしている。したがって、Frost は治癒過程の最初に、① 微小血管、線維芽細胞および多潜能な progenitor cell を伴った肉芽組織の増殖を置き、以下 ② 骨芽細胞の産生、③ 骨器質の産生、④ 仮骨の石灰化、⑤ 不整な仮骨の層板骨への置

換, ⑥ 肥大した骨折部の機能力に応じた外形の骨造形 (contour modelling), ⑦ 骨折前の正常な骨への修復という段階を経て, 骨折の治癒が起こるとしている。

以上 3 者の治癒過程には, 形態学的観点と機能 (生理) 学的観点の相違は認められるものの, 現象として骨折の治癒過程をみると内容的には共通しており,

(1) 炎症期 (inflammatory phase)

骨折部の血管損傷・血腫形成・凝血・骨折端骨細胞の壊死・食細胞の出現

(2) 修復期 (reparative phase)

未分化間葉細胞の出現・微小血管の増殖・凝血塊の肉芽化・仮骨形成 (血管・線維組織・軟骨組織・線維骨)・線維芽細胞・軟骨芽細胞・骨芽細胞

(3) remodelling 期 (remodelling phase)

仮骨・層板骨・皮質骨・海綿骨・破骨細胞・骨芽細胞

の 3 つの時期に分けられる²⁵⁾。

以下, 本研究での結果に対して, この分類に沿って検討してみる。

術後 1 カ月時には, 線維芽細胞と骨芽細胞の存在が認められ, 線維組織からなる仮骨の形成および部分的な線維骨形成が認められた。したがって, 術後 1 カ月の所見は, 修復期に相当した。術後 3 カ月では, 線維骨の形成が増加し, 添加により骨切り部の幅が一部狭小化した。そして, 骨細胞を豊富に含んだ幼若な骨組織が認められ, その内部に層板構造もわずかに形成され始めていることからみて, 修復期から remodelling 期にさしかかっている時期と考えられた。術後 6 カ月では, 骨切り部は, すべて骨組織で満たされており, 骨性癒着は完成していた。なおかつ骨片及び母床骨の断端との境界が消失している新生骨層板の形成が一部に認められた。したがって, 術後 6 カ月は remodelling 期であると考えられた。術後 12 カ月では, 骨切り部に相当する歯槽骨部には外科的侵襲の痕跡が認められず, ほとんど生理的な歯槽骨の状態を示していた。

以上のことから, 本研究で使用した超高速回転切削器具による骨切りの結果, 骨切り部の治癒は骨折の場合と同様の治癒過程と治癒機序で進行したものと考えられる。

2) 治癒経過について

Anterior maxillary osteotomy 後の治癒経過について組織学的検索を行った研究報告は, 極めて少ない。

Bell¹⁶⁾ は, 雌の成猿を使用し, Wassmund 法および down fracture 法による治癒経過の差異について組織学的検討を行っているが, それによると, 術後 1 週には骨切り部は血餅を伴う幼若肉芽組織で満たされ, 骨切り部位に近接して骨壊死が認められたが術後 3 週では骨壊死は消失し線維性仮骨 (early callus) が形成され, 術後 6 週で骨性癒着が認められたと述べ, 両手術法による差異はなかったとしている。

古川ら²⁶⁾ は, 成犬の片側上顎第 2 切歯を抜去し, 口蓋粘膜の付着した両側第 1 切歯を含む骨片を抜歯窩方向に移動させて固定する手術を行い, その治癒経過を組織学的に検索している。それによると, 骨片と母床側骨が接触している場合では術後 1 カ月で骨性癒着が認められたものの, 反対側の骨離開部での骨性癒着は術後 3 カ月で完了したと述べている。

さらに大関¹⁴⁾ は, 成犬の上顎骨に対して, Wassmund 法および Wunderer 法を適用し, その術後経過に関する組織学的研究を行った結果, 骨切り部に術後 1 週で炎症性変化を認め, 術後 3 週で線維性結合組織と新生骨梁が生じ, 術後 6 週 (Wassmund 法) と術後 10 週 (Wunderer 法) において骨性癒着を認めている。

本研究においては術後 1 カ月で線維性仮骨を認めたが, これは上記の Bell¹⁶⁾ や大関²⁷⁾ の報告とほぼ一致した。しかし, 骨性癒着に関しては, むしろ古川ら²⁶⁾ の報告に一致した。本研究では骨片を, 骨切り前に採得された石膏模型上で作製されたレジン床シーネで固定した。したがって骨切り部では, 骨切りの際の削除分がそのまま骨片と母床骨との離開として残ることになる。大関は 2 種の手術法に際して, 骨片の固定を骨縫合と歯牙結紮とによって行っているが, この場合, 骨片と母床骨とは接触している可能性が高い。古川ら²⁶⁾ の報告では, 骨片と母床骨との接触の有無により, それぞれの骨性癒着が完成する時期に 2 カ月の時差を生じている。しかも, 骨切り部の離開が大きかった場合の骨性癒着は 3 カ月で完了しているという。また, Weinmann ら²²⁾ の言うように, 骨切り部の新生骨形成は, 骨折部断端から発現するのであって, 骨折部を連結する線維性結合組織の内部から発現するという報告は見あたらない。

以上のことから, 新生骨形成速度が一定であると仮定すれば, 骨片と母床骨との離開量が大きくなればなるほど骨性癒着が完了する時期に遅れを生じることになる。したがって, 骨切り部における新生骨の形成の動態およびそれと骨切り部の離開量との関係について

定量的な検討がなされないならば、骨性治癒の時間的要因について言及することは、はなはだ困難であろうと考えられる。

3. 歯周組織について

1) 骨片内の歯の歯周組織について

大関¹⁴⁾は術後の歯根膜の変化を観察し、 I_1 の全例に歯根膜線維の配列の乱れを認め、これらが口蓋側に多いと述べ、その理由を咬合圧の変化によるものとした。しかし、手術部位に近い I_3 の歯根膜には変化を認めずセメント質および歯槽骨にも変化を認めていない。Anterior maxillary osteotomyのような大骨片を作製した場合よりは血液供給が起こりにくいとされている dentoalveolar segment のような小骨片内の歯の歯根膜の変化について、川村¹⁸⁾は術後3日で歯根膜腔内の血行を認め、全観察期間を通じ軽度の歯根膜線維の走行の乱れを認めているものの、セメント質および歯槽骨に異常所見を認めていない。本研究においては第1対照と第2対照とはほぼ同様な組織所見を示した。したがって、レジン床シーネ装着による歯周組織への影響は、装着後1カ月においてはなかったものと考えられる。また手術群では、術後のいずれの観察期間を通じても、対照群と同じ構造を有する脈管神経隙とその内部血管を認め、歯根膜線維の走行にも異常を認めず、変性像などはまったく認めなかった。セメント質および歯槽骨についても同様に全観察期間を通じて異常を認めなかった。以上の結果に対しては、2種の解釈が可能である。一方は、術直後の骨片内虚血により歯周組織に変性をきたしたものの、術後1カ月間の観察期間内に修復・再生がなされたという解釈である。他方は、術直後より速やかな血行回復がなされ歯周組織に退行性変化をきたすに至らなかったという解釈であるが、本研究からは、これらに対する明白な判断はなしえない。いずれにしても、本研究で用いた手術法は、歯周組織に対して著しい影響をおよぼさなかったと考えられる。

2) 手術で切断された I_3 根尖部の歯周組織について

歯周病学領域では、人工的に小範囲の象牙質を露出させた場合にセメント質が新生すること、また新生した歯槽骨とセメント質の間に歯根膜が再生することが、多くの報告によって示されている²⁸⁻³⁶⁾。しかし、本研究で生じたような surgical osteotomy の際の広範囲にわたって切断された歯根の露出象牙質表面にも、

セメント質が添加されること、また歯根膜の修復・再生が引き続きなされることについての報告はみあたらない。

本研究においては、術後1カ月と3カ月のそれぞれ1例ずつにおいて歯根膜の再生が確認された。

術後1カ月では、歯根切断部への新生歯槽骨の形成が認められており、露出象牙質表面には、類セメント質あるいは無細胞セメント質の添加と思われる組織像が認められた。歯根膜の構造は、切断部に隣接した歯根膜よりも線維が長く、配列方向は歯根切断面から斜めに立ち上がり、その後は切断面に沿っていた。

術後3カ月では、歯槽骨内に層板骨を認められるようになり、歯根膜が明らかに再生され、無細胞セメント質を介して象牙質と結合していた。その構造は、幅、線維の走行、配列方向そして脈管神経隙も既存歯根膜と鑑別がつかない状態であった。

Linghorne³³⁾、吉田³⁰⁾は、術後3~4週間ほどで不規則な配列を示す再生歯根膜を確認しているが、いずれも生理的ないわゆる“器官化された”歯根膜ではなく、術後60日程度で機能的配列を認めたと述べている。これらの所見と本研究の結果とは、経時的な組織変化において共通点が認められているが、本研究においては、歯根膜再生部の象牙質表面に彼らが報告しているような有細胞セメント質は認められなかった。Linghorne³³⁾は、露出象牙質に最初に添加されるのは類セメント質か無細胞セメント質であり、その後経時的に有細胞セメント質となり層板構造を有するようになると述べ、Morris³⁴⁾は、象牙質内に形成される窩洞の深さが深いほど、また窩洞の位置が根尖に近いほど、再生セメント質の厚さと細胞層の厚さが増すと述べていることから、再生されるセメント質が無細胞性になるか有細胞性になるかについては、歯根に対する外科的侵襲の位置とその程度および術後の経過日数などによって変わるものと推察される。

4. 骨片内の歯の歯髄について

Anterior maxillary osteotomy 後の歯髄変化については、いくつかの研究報告がある^{14,27,37-40)}。

Ware³⁹⁾は、成猿に Wunderer 法を施行した場合では、術後1週から24週まで、切歯歯髄の血行は確保され、象牙芽細胞にまったく変化が認められないと報告しているのに対し、Poswillo³⁷⁾は開咬を有する成猿に Wassumund 法を適用した場合の切歯歯髄の術後変化として、象牙芽細胞の消失、osteodentin の形成、

不可逆性線維化などを認めたと報告している。大関¹⁴⁾は、成犬に Wunderer 法と Wassumund 法を適用した研究で、6 切歯を含む骨片内の切歯歯髓を術後 10 週まで観察し、結果としてどちらの手術法においても象牙芽細胞の空胞変性、線維化および石灰変性を認めたと報告している。

このように、Anterior maxillary osteotomy に伴う歯髓変化に多様な結果が見られる原因の一つに、骨切り部と切歯歯根部との距離があると考えられている。Ware は、術後の切歯歯髓の象牙芽細胞層にまったく変化を認めていないが、結論として歯髓に影響をおよぼさない手術創と根尖間の距離は 3 mm である³⁹⁾としているのに対して、Bell は、その距離を 5 mm である¹⁶⁾と述べている。

Poswillo³⁷⁾ や Banks⁴⁰⁾ は、術後に重篤な歯髓変化(歯髓全体の線維化、石灰変性および壊死)を認めているが、これらの研究では、歯槽骨を含めた segment として歯を同一個体より経時的に採取して組織標本作製している。このような方法では、Ware や Bell が指摘するように、歯の採取に伴う外科的侵襲が残存する隣在歯の歯髓になんらかの影響を与えることになり、術後の正当な歯髓変化を示しているとはいえない。

本研究では、Poswillo や Banks が報告したような重篤な変化ではないが、骨片内に含まれる I₁ および I₂ には、いずれの観察期間においても、それぞれの歯髓内の象牙芽細胞には空胞変性が認められた(ただし、術後 6 カ月の I₁ には認められなかった)。また、固有結合組織の強い線維化が術後 3 カ月と 6 カ月の I₁ と I₂ にみられ、1 例においては術後 6 カ月の I₂ に固有結合組織の網様化が認められた。しかし、術後 12 カ月の歯髓の固有結合組織には線維化および網様化が認められなかった。このような歯髓の組織変化が、手術のみに起因して発現するものであると断定することはできない。しかし、外科的侵襲によって骨片側における血行様式が変化を受けたことは否定できず、よって歯髓および歯周組織に対する血流量には、術前に比して、なんらかの差異が発現していたことは充分に考えられる。本研究でみられた歯髓組織の変化は骨片を取り巻く脈管系の再構築(revascularization)に追従した歯髓の組織反応、またはその治癒推移と理解できないことはない。

しかし、本研究では実験材料として雑種成犬を用いたため、それぞれの年齢については正確な情報が得られていない。

Fröhlich⁴¹⁾ は、老人の歯髓を病理組織学的に検索し網様萎縮を 50 歳以上では全例に認め、石灰化を 60 歳以上で 11 例中 5 例に、70 歳代で 14 例中 8 例に確認することで、歯髓組織の老化としての特徴を網様萎縮と石灰化に求めている。桧垣⁴²⁾ は、ヒトの歯髓細胞の退行性変化は 25 歳ごろから始まり、細胞の変化として空胞変性が最も多く、次いで脂肪変性、萎縮、石灰変性の順であることを報じている。Stanley ら⁴³⁾ は、ヒトの歯髓の加齢的变化の研究の一環として collagen の量の変動について述べ、前歯は臼歯よりも、また歯根歯髓は歯冠歯髓よりも collagen の量が多いと述べている。Dunker⁴⁴⁾ は、歯髓の加齢的变化がその固有結合組織において、線維芽細胞の豊富な結合組織から線維性結合組織への変化となって現れ、その変化はまず歯根歯髓より始まるとしている。

以上の報告を踏まえて、手術群の歯髓組織変化を考えてみると、象牙芽細胞の空胞変性、固有結合組織の線維化および網様化は歯髓の加齢的变化現象であるとも考えられる。したがって、歯髓組織の変化が加齢的な現象か、手術に起因する組織変化なのかを明確にするためには、実験材料の質的統一が必要であり、本研究からは明白な判断は下しえないと思われた。しかし、いずれにしても、その変化は歯髓組織に対して致命的なものではなかった。

したがって、今回用いた手術法によって歯髓内に引き起こされた病理組織学的変化は極めて軽微であったことが本研究で行った長期的観察から明らかになった。

総 括

本研究は、外科矯正治療で適用する Wassumund 法に改良を加えた anterior maxillary osteotomy を行い、離断骨片の予後を究明するために、術後 12 カ月までの骨切り部と骨片内の歯の歯周組織および歯髓組織について病理組織学的検討を行った。

実験材料には成犬 11 頭を用い、8 頭に外科手術を加え、それらを 2 頭ずつ 4 群に分けて、観察期間をそれぞれ 1 カ月、3 カ月、6 カ月および 12 カ月とした。残りの 3 頭は対照群とした。

本研究の結果は、以下の通りである。

1. 骨片は、術後のすべての期間で生着しており、3 カ月以降では可動性を認めなかった。また、骨片内の歯の脱落もみられなかった。

2. 骨切り部歯槽骨の治癒は、骨折の治癒と同様な経過をたどることが示された。
3. 骨片内に含まれる歯の歯根膜の線維の配列および走行に異常は認められず、変性像も認められなかった。
4. 骨片内の第1, 第2切歯の歯髄には、手術群のすべてにおいて血行が確認され、歯髄の生活像が認められた。
5. 手術で切断された歯の象牙質の表面には、類セメント質の添加を認め、新生歯槽骨との間に歯根膜の再生像を認めた例があった。

以上の結果により、modified anterior maxillary osteotomy 後の骨切り部と骨片内の歯の歯周組織および歯髄組織の変化には、概ね異常な所見は認められず、したがって本法を外科矯正手術臨床に適用できる可能性が示唆された。

Summary

This study was undertaken to investigate the healing of osteotomized sites and condition of periodontium and dental pulp histologically following modified anterior maxillary osteotomy.

Eight adult dogs were served as experimental animals and three were as controls. The modified Wassmund's anterior maxillary osteotomy was performed by using dental air turbid. The experimental dogs were divided into four groups and each group was then sacrificed at one, three, six and twelve months after operation, respectively. The following findings were obtained from this study.

1. The anterior maxillary segments were reattached in all of the experimental animals. No mobility of the segment was seen after three months of post-operation. No tooth was lost.
2. The alveolar bone of osteotomized sites showed approximately the same healing process as that of ordinary bone fracture.
3. Although the periodontal fibers adjacent to the osteotomized sites were rearranged, no degenerative fibers were observed.
4. Revascularizations took place in pulp of the first and second incisors of all osteotomized segments. However, pulp of the third incisors showed

the necrosis caused by the operative injury at root apices.

5. Deposition of the cementoid tissue covered on the surface of ectomized dentin. In a few animals, the regenerative periodontium were observed between the newly formed alveolar bone and cementoid.

The results of this study demonstrated that the normal osseous healing process occurred after modified anterior maxillary osteotomy and suggested the application of this osteotomy with dental air turbid to the clinical use in orthognathic surgery.

謝 辞

稿を終えるに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲の労を賜りました東北大学歯学部歯科矯正学講座三谷英夫教授に対し深く感謝の意を捧げます。また、貴重なる御意見、御協力をいただきました本学口腔解剖学第2講座加賀山 学教授に深謝いたします。そして、本研究に際し多大なる御援助をいただいた本学口腔外科学第1講座川村 仁講師に心より感謝いたします。さらに御協力頂きました文部技官小野寺利裕氏、歯科矯正学教室の諸先生方に感謝いたします。

なお、本論文の要旨の一部は、第45回日本矯正歯科学会において発表した。

文 献

- 1) Cohn-Stock : Die chirurgische im-mediatregulierung der Kiefer, speziell die chirurgische Behandlung der Prognathie. Vjschr. Zahnheilk., Berlin. 37 : 320, 1921.; cited from 11).
- 2) Kostecka, F.: Surgical correction of protrusion of the lower and upper jaw. J. Amer. Dent. Ass. 15 : 362-364, 1928.; cited from 11).
- 3) Spanier, F.: Prognathie-Operation, Z. Zahnärztl. Orthop. München, 24 : 76, 1932.; cited from 11).
- 4) Wassmund, J.: Lehrbuch der praktischen Chirurgie des Mundes und der Kiefer. Vol. 1. Meusser, Leipzig, 1935, pp.282.; cited from 11).

- 5) Wunderer, S.: Erfahrungen mit der operativen Behandlung hochgradiger Prognathien, Dtsch Zahn-Mund-Kieferheilk. **39**: 451-456, 1963.; cited from 11).
- 6) Schuchardt, K.: Experiences with the surgical treatment of deformities of the jaws, Prognathia, micrognathia, and open bite. In Wallace, A. G. (ed.) ; Second Congress of International Society of Plastic Surgeons. London; E and S Livingstone, 1959.; cited from 11).
- 7) Cuper, I.: Die chirurgische Behandlung der Form-und Stellungsveränderungen des Oberkiefers. Ost. Z. Stomatol. **51**: 565-577, 1954.; cited from 11).
- 8) Bell, W.H.: Surgical-orthodontic treatment of interincisal diastemas. Amer. J. Orthodont. **57**: 158-163, 1970.
- 9) Bell, W.H.: Correction of skeletal type of anterior open bite. J. Oral Surg. **29**: 706-714, 1971.
- 10) Bell, W.H., Creekmore, T.D. and Alexander, R. G.: Surgical correction of the long face syndrome. Amer. J. Orthodont. **71**: 40-67, 1979.
- 11) Bell, W.H., Profitt, W.R. and White, R.P.: Surgical Correction of Dentofacial Deformities Vol. I. W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1980, pp. 266.
- 12) Epker, B.N.: A modified anterior maxillary osteotomy. J. max-fac. Surg. **5**: 35-38, 1977.
- 13) 井尻 正二, 藤田恒太郎: 犬の歯の萌出時期, 解剖学誌 **37**: 331-338, 1962.
- 14) 大関 久道: 上顎前方骨切り術の治癒機転に関する実験的研究, 第1編 Wassmund 法および Wunderer 法の比較. 歯科学報 **79**: 681-707, 1979.
- 15) Sugg, G.R., Fonseca, R.J., Howell, R.M., and Hill, H.: Early pulp changes after anterior maxillary osteotomy. J. Oral Surg. **39**: 14-20, 1981.
- 16) Bell, W.H.: Revascularization and bone healing after anterior maxillary osteotomy, a study using adult rhesus monkeys. J. Oral Surg. **15**: 253-258, 1969.
- 17) 吉田 導子, 堀田 裕二, 岩崎 恒雄, 渡辺 治, 市川 徹, 小池平一郎, 立川 哲彦, 山根 瞳, 下野 正基, 枝 重夫, 山村 武夫: 電子顕微鏡のための犬の頭頸部局所灌流固定法, 特に歯牙および歯牙支持組織の固定について. 歯科学報 **74**: 419-426, 1974.
- 18) 川村 仁: 下顎骨臼歯部における small dentoalveolar segment 作製後の治癒に関する実験的研究. 日口外誌 **27**: 1736-1755, 1981.
- 19) Meyer, M.W. and Cavanaugh, G.D.: Blood flow changes after orthognathic surgery, maxillary and mandibular subapical osteotomy. J. Oral Surg. **34**: 495-501, 1976.
- 20) Nelson, R.L., Path, M.G., Ogle, R.G., Jansen, G. D., Olson, D.V., Sokoloski, P.M., and Meyer, M. W.: Quantitation of blood flow after anterior maxillary osteotomy, investigation of three surgical approaches. J. Oral Surg. **36**: 106-111, 1978.
- 21) Bell, W.H., Schendel, S.A. and Finn, R.A.: Revascularization after surgical repositioning of one tooth dentoosseous segments. J. Oral Surg. **36**: 757-765, 1978.
- 22) Weinmann, J.P. and Sicher, H.: Bone and Bones. 2nd ed., Mosby Co., St. Louis, 1955, pp. 285-323.
- 23) Little, K.: Bone behavior. Academic Press, New York, 1973, pp. 217-227.
- 24) Frost, H.M.: Skeletal Physiology and Bone Remodelling, An Overview. In: Urist, M. R.: Fundamental and Clinical Bone Physiology. Lippincott, Philadelphia, 1980, pp. 232-233.
- 25) 高橋 栄明: 骨折の病態生理. 須田 立雄, 小澤英浩, 高橋 栄明: 骨の科学. 1985, 医歯薬出版, p 212-213.
- 26) 古川 哲夫, 山田 重樹, 島原 政司, 横矢 喬: 外科的歯牙移動に関する実験的研究. 口科誌 **23**: 413-430, 1974.
- 27) 大関 久道: 上顎骨前方骨切り術の治癒機転に関する実験的研究, 第2編 Wunderer 法における骨片内歯髓の変化について. 歯科学報 **79**: 709-719, 1979.
- 28) 庄司 茂: 歯周組織再生に関する実験的研究とくに, セメント質及び歯槽骨について. 日歯周誌 **22**: 592-608, 1980.
- 29) 山村 武夫, 立川 哲彦, 市川 徹, 堀田 裕二, 枝 重夫, 下野 正基, 山根 瞳, 小池平一郎, 堀内 晴章, 吉田 導子, 渡辺 治: 歯根膜の再生に関する実験的研究. 歯基礎誌 **15**: 241-242,

- 1973.
- 30) 吉田 導子：歯根窩洞における白亜質，歯根膜および歯槽骨の再生に関する実験的研究。歯科学報 **76**：1197-1222, 1976.
 - 31) Andersen, J.O. : Cementum repair after apicoectomy in humans. Acta Odont. Scand. **31** : 211-221, 1973.
 - 32) Jansen, M.T. and Verdenius, H.H.W. : The healing of periodontal wounds in dogs. J. Periodont. **26** : 292-300, 1955.
 - 33) Linghorne, W.J. and O'connell, D.C. : Studies in the regeneration and reattachment supporting structure of the tooth, II Regeneration of alveolar process, J.Dent.Res. **30** : 604-614, 1951.
 - 34) Morris, M.L. : The reattachment of human periodontal tissues following surgical detachment : A clinical and histological study. J. Periodont. **24** : 220-228, 1953.
 - 35) Sippy, B.O. : Regeneration of tissues following experimental injury of the tooth roots. Dent. Cosmos **69** : 771-780, 1927.
 - 36) Stones, H.H. : The reaction and regeneration of cementum in various pathological conditions. Proc. Roy. Soc. Med. **27** : 728-744, 1934. ; cited from 30)
 - 37) Poswillo, D.E. : Early pulp changes following reduction of open bite by segmental surgery. Int. J. Oral Surg. **1** : 87-97, 1972.
 - 38) Summers, L. and Booth, D.R. : The early effects of segmental surgery on the human pulp. Int. J. Oral Surg. **4** : 236-241, 1975.
 - 39) Ware, W.H. and Ashemalla, M. : Pulpal response following anterior maxillary osteotomy. Amer. J. Orthodont. **60** : 156-164, 1971.
 - 40) Banks, P. : Pulp changes after anterior mandibular subapical osteotomy in a primate model. J. max-fac. Surg. **5** : 39-48, 1977.
 - 41) Fröhlich, E. : Altersveränderungen der Pulpal und des Parodontiums. Dtsh. Zahnärztl. Z. **25** : 175-185, 1970.
 - 42) 桧垣麟三：歯科老年病学の動向。日本歯科医師会雑誌 **19** : 447-454, 1966.
 - 43) Stanley, H.R. and Ranny, R.R. : Age changes in the human dental pulp 1. The quality of collagen, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. **15** : 1936-1404, 1962.
 - 44) Dunker, G. : Das morphische Altern der Pulpa des Zahnes. Dtsh. Zahnärztl. Z. **7** : 1429-1432, 1952.